Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 3, Fall 2022, p. 243-253

Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions

M. A. Karimian[1*], Y. Shiri[2], F. Bidarnamani[2]

Received: 24-08-2021
Revised: 30-05-2022
Accepted: 31-05-2022

How to cite this article:
Karimian, M. A., Shiri, Y., and Bidarnamani, F. 2022. Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 243-253. (in Persian with English abstract).
DOI: 10.22067/jcesc.2022.72117.1077.

Introduction

Mung bean (*Vigna radiata* L.) is native to India and its seeds are rich in phosphorus and protein. Drought is one of the most important limiting agents of plant production. Carbohydrate metabolism and the process of dry matter distribution is disrupted by limitation of carbon stabilization due to stomata closure and reduction of photosynthesis under drought stress. Potassium is an essential nutrient and the most abundant cation that it has a major role in plant growth and almost all related activities. The presence of potassium enhanced the synthesis of hydrocarbons and proteins, which results in amplification of plant tolerance to drought stress.

Materials and Methods

Experiment was performed at Agricultural Research Institute, in 2017-2018 to study the yield and nutritive value of mung bean. This research was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications. Main plot was drought stress consist of 60, 90 and 120 mm evaporation from the A class pan and sub plot was including 0, 85, 170 and 255 $kg.ha^{-1}$ potassium sulfate fertilizer. The characteristics plant height, biological yield, seed yield, insoluble fiber in neutral detergent, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility were measured. The samples nitrogen content was estimated by Kjeldahl set and it was multiplied by the protein coefficient 6.25 and the crude protein percentage was calculated. Van Soest method was used for measuring of insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent. Ethanol was utilized to measure soluble sugars by sulfuric acid method. The percentage of digestible dry matter was estimated according to Equation (1).

$$DMD= 88.9 - (0.779\times ADF\%) \qquad (1)$$

Variance analysis of data was carried out by MSTAT-C software and the comparison of the means was done with Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that drought stress treatment on all mung bean plant characteristics was significance at 1% level. The effect of sulfate potassium fertilizer on plant height, biological yield, seed yield, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility at 1% significance level and on insoluble fiber in neutral detergent were significant at 5% level. The interaction effect of drought stress and potassium sulfate fertilizer on Plant height, biological yield, insoluble fiber in neutral detergent, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility at 1% significance level and on seed yield were significant at 5% level. The results showed that in the control irrigation + application of potassium sulfate fertilizer (170 $kg.ha^{-1}$) compared to the control potassium treatment, plant height and biological yield increased by 37.9% and 89.6%, respectively. In the control irrigation + application of potassium sulfate fertilizer (170 $kg.ha^{-1}$) compared to the control potassium treatment, dry matter digestibility increased by 30.12% and insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent decreased by 44.3% and 43.8%, respectively. The most amount of water soluble carbohydrate (18.3%) in 120 mm evaporation from A class pan and the highest value of crude protein (22.8%) in 90 mm evaporation from A class pan and in

1- Instructor, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran
2- Assistant Professor, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: karimian1350@uoz.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2022.72117.1077

both characteristic application were effective 170 kg.ha^{-1} of potassium sulfate.

Conclusion

The result showed that interaction of drought stress and potassium sulfate fertilizer on quantitative and qualitative of mung bean traits was significant. Plant height and biological yield increased 37.9% and 89.6% by addition of sulfate potassium consumption from 0 to 170 kg.ha^{-1}, respectively. Seed yield enhanced compared to control treatment (33.8%) by using of 255 kg.ha^{-1} potassium sulfate. Drought stress decreased dry matter digestibility and it increased crude protein, water soluble carbohydrate, insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent. Potassium sulfate fertilizer amount 170 and 255 kg.ha^{-1} recommend for maintaining of yield and qualitative of mung bean in Sistan region in non-stress and drought stress conditions.

Keywords: Deficit irrigation, Dry matter digestibility, Insoluble fiber in neutral detergent, Seed yield

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۲۵۳-۲۴۳

بررسی عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تأثیر کود پتاسیم در شرایط خشکی

محمدعلی کریمیان[۱*]، یعقوب شیری[۲]، فاطمه بیدرنامنی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰

چکیده

کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اثر کم‌آبی، تحقیقات کشاورزی را به سمت روش‌های مختلف کاستن اثرات منفی خشکی مانند کاربرد کودهای پتاسیمی سوق داده است. بدین منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشکده کشاورزی بر روی گیاه ماش اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تیمار کود پتاسیم در چهار سطح (۰، ۸۵، ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد، در تیمار آبیاری شاهد + کاربرد کود پتاسیم (۱۷۰ $kg.ha^{-1}$) نسبت به عدم مصرف کود، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی به‌ترتیب به میزان ۳۷/۹٪ و ۸۹/۶٪ افزایش یافت. در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (۲۵۵ $kg.ha^{-1}$) نسبت به عدم مصرف کود، قابلیت هضم ماده خشک به میزان ۳۰/۱۲٪ افزایش و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به میزان ۴۴/۲۸٪ و ۴۳/۸۳٪ کاهش یافت. بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول در آب (۱۸/۳٪) از تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد ۱۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم و بالاترین مقدار پروتئین خام (۲۲/۸۱٪) از تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد ۱۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم به‌دست آمد. با توجه به نتایج پژوهش، ترکیب کودی ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی برای حفظ کیفیت و عملکرد علوفه ماش در منطقه سیستان توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، عملکرد دانه، قابلیت هضم ماده خشک، کم‌آبیاری

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) بومی هندوستان بوده و دانه آن سرشار از فسفر و پروتئین می‌باشد. ارزش غذایی بالا، قابلیت تثبیت نیتروژن هوا، کوتاهی دوره رشد و عملکرد نسبتاً بالا، ضرورت تحقیق همه‌جانبه جهت به‌دست آوردن بهترین مدیریت زراعی را برای این گیاه آشکار می‌سازد (Izadi *et al.*, 2021). ماش در اراضی سبک و غنی از مواد آلی یا خاک‌های شنی رسی عملکرد بیشتری داشته و در خاک‌های گرم و خشک محصول خوبی تولید می‌کند (Kessel and Hartley, 2000).

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی تولیدات گیاهی به‌شمار می‌آید (Wakrim *et al.*, 2005). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش ساخت پروتئین و کلروفیل، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Nasrollah Zadeh Asl *et al.*, 2016) تنش رطوبتی در گیاه ماش باعث کاهش ارتفاع، تعداد گره و وزن خشک کل گردید که دلیل این امر کاهش تقسیمات سلولی است (Salehi *et* al., 2021; Kataria *et al.*, 2014). عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های سویا (*Glycine max* L.) در اثر تنش خشکی کاهش یافت (Daneshian *et al.*, 2006). تنش شدید رطوبت به دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) شد (Sabzi *et al.*, 2017) با افزایش تنش خشکی درصد پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول در آب و فیبرهای محلول در شوینده اسیدی کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) افزایش و قابلیت هضم ماده خشک علوفه کاهش یافت (Jahanian, 2012).

برای رسیدن به عملکرد بالا باید ترکیب مناسبی از مواد غذایی در

۱- مربی، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران
۲- استادیار، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: karimian1350@uoz.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2022.72117.1077

اختیار گیاه قرار گیرد. پتاسیم یک ماده مغذی ضروری و فراوان‌ترین کاتیون است که نقش زیادی در رشد گیاه و تقریباً تمام فعالیت‌های مربوطه ایفا می‌کند (Azizabadi *et al.*, 2014). فواید یون پتاسیم در طی تنش خشکی، از طریق اثرات آن روی تنظیم فشار اسمزی، تنظیم pH سلول، ساخت پروتئین‌ها و شرکت در فعال‌کردن بسیاری از آنزیم‌ها (Anrist-Rangel, 2008)، بهبود هدایت هیدرولیکی آوند چوبی و فعالیت روزنه و تبادل گاز (Zorb *et al.*, 2014) می‌باشد. کاربرد کود سولفات پتاسیم ($75 kg.ha^{-1}$) در خوزستان باعث افزایش تحمل به تنش خشکی همه ژنوتیپ‌های ماش به‌جز لاین KPS1 گردید (Zarifinia *et al.*, 2018) حداکثر ارتفاع بوته لوبیا سبز در شرایط آبیاری مطلوب و استفاده از کود سولفات پتاسیم ($50 kg.ha^{-1}$) مشاهده شد (Sharifi *et al.*, 2013). بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت سینگل کراس ۷۰۴، از تیمار ترکیبی ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + مصرف پتاسیم ($225 kg.ha^{-1}$) حاصل شد (Rezaei Sokht-Abandani *et al.*, 2020). در شرایط تنش خشکی، کاربرد ۶۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم از کاهش بیشتر عملکرد دانه ذرت جلوگیری نمود (Maleki *et al.*, 2014). گزارش شده است که بیشترین میزان پروتئین ذرت علوفه‌ای در رژیم‌های مختلف آبیاری از تیمار کود سولفات پتاسیم ($50 kg.ha^{-1}$) به‌دست آمد (Farahmandfar *et al.*, 2018). در تحقیق اثر تنش خشکی و سطوح مختلف کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کوشیا (*Kochia scoparia* L.)، بیشترین میزان غلظت هیدرات‌کربن محلول در آب در تنش شدید و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بدست آمد (Karimian *et al.*, 2014). نتایج آزمایش نشان داد که میزان ADF و NDF علف‌های چمنی علوفه‌ای با افزایش مقدار بارندگی کاهش پیدا کرد (Kerstin *et al.*, 2014). بالاترین قابلیت هضم ماده خشک گیاه شنبلیله از تیمار ترکیبی ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه + کود زیستی + ۷۵٪ کود شیمیایی حاصل شد (Dadresan *et al.*, 2017). با توجه به کمبود آب در منطقه سیستان و احتمال وارد شدن تنش خشکی به گیاهان به‌ویژه علوفه‌ها نیاز به راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود کیفیت علوفه وجود دارد، از این رو، تحقیق با هدف بررسی اثرات کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهشکده کشاورزی محل اجرای تحقیق دارای موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های خردشده با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی شامل ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی شامل ۰، ۸۵، ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم (K_2SO_4) حاوی ۵۲ درصد (K_2O) بود. تراکم ماش ۲۵۰ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد (Jafar dokht *et al.*, 2015) کشت در تاریخ ۲۰ خرداد ۱۳۹۶ در عمق سه سانتی‌متری خاک انجام و آبیاری صورت گرفت. کرت‌ها دارای ۶ ردیف کشت به طول ۳ متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر، بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر، بین کرت‌های اصلی یک متر، بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها دو متر بود. بر اساس آزمایش خاک (جدول ۱)، قبل از کشت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آمونیوم (۵۰ کیلوگرم قبل از کشت و ۵۰ کیلوگرم به‌صورت سرک) به کرت‌های مربوطه اضافه شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of soil in experimental site (depth 0-30 cm)

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	پتاسیم قابل‌جذب K (available) ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل‌جذب P (available) ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture
7.22	1.8	0.89	201.34	10.85	0.036	لوم- شنی sandy-Loam

در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری[1] مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی (FC) ۲۹٪ و نقطه پژمردگی دائم (PWP) ۱۲٪ تعیین شدند. جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک، قبل از کشت تانسیومترها و بلوک‌های گچی در عمق ۳۵ سانتی‌متری خاک نصب شدند. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه از تشتک اندازه‌گیری و بر اساس آن آبیاری انجام شد (Farahmandfar *et al.*, 2018). در شرایط بدون تنش، آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر، در شرایط تنش متوسط، آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر و در شرایط تنش شدید، آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A انجام شد. حجم آب ورودی به کرت از طریق کنتور حجمی نصب شده در محل انتقال آب به مزرعه اندازه‌گیری شد. مقادیر آب آبیاری در تیمارهای مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

1- Pressure plates

جدول ۲- مقادیر آب آبیاری در تیمارهای مختلف مورد مطالعه

Table 2- Total irrigation water in different irrigation treatments

مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water ($m^3.ha^{-1}$)	تیمارهای آبیاری Irrigation treatments
4631	۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 60 mm evaporation from evaporation pan class A
3816	۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 90 mm evaporation from evaporation pan class A
2983	۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 120 mm evaporation from evaporation pan class A

برای اندازه‌گیری ارزش غذایی علوفه در مرحله ۲۵٪ گلدهی گیاه و بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از دو ردیف وسط کرت در سطح یک مترمربع انجام شد. نمونه‌ها مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد در آون الکتریکی خشک و آسیاب شد. با استفاده از دستگاه کجلدال محتوی نیتروژن نمونه‌ها اندازه‌گیری، در ضریب پروتئینی ۶/۲۵ ضرب شده و درصد پروتئین خام (CP)[1] محاسبه گردید (Jensen, 1996). برای اندازه‌گیری ADF[2]، یک گرم از نمونه داخل گروسیپل ریخته و پس از قرار دادن در دستگاه فایبرتک، مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول شوینده اسیدی با آن اضافه شد. سپس محلول را تا جوش آمدن حرارت داده و بعد از گذشتن پنج دقیقه دما کم شد و به مدت ۶۰ دقیقه در حالت جوش نگه داشته شد. پس از آن محلول باقی‌مانده توسط پمپ خلا خارج و پس از سه بار شستشو با آب مقطر و دو بار شستشو با استن، نمونه‌ها جهت خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس، نمونه‌ها دو بار توزین و با استفاده از رابطه (۱) درصد ADF محاسبه شد (Van soest, 1991).

$$\%ADF = \frac{Y-X}{Y} \qquad (۱)$$

در این رابطه، Y وزن اولیه نمونه و X وزن نمونه بعد از آون است. مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF[3] نیز با روش فوق تعیین شد، به جای ADF از NDF استفاده گردید.

درصد ماده خشک قابل‌هضم (DMD)[4] طبق رابطه (۲) برآورد شد (Aydin *et al.*, 2010).

$$\%DMD = 88.9 - (0.779 \times \%ADF) \qquad (۲)$$

برای سنجش قندهای محلول (WSC)[5] از اتانول و بر اساس روش اسیدسولفوریک از گیاه خشک آسیاب شده استفاده شد (Kochert, 1978). برای تعیین عملکرد دانه، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای نمونه‌برداری در سطح یک مترمربع در زمان رسیدن غلاف‌ها انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از طوقه تا انتهای بلندترین غلاف اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر کرت ثبت گردید. جهت تعیین عملکرد زیستی، بوته‌های برداشت‌شده از سطح یک مترمربع با استفاده از ترازوی AND ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و به هکتار تعمیم داده شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و عملکرد زیستی

تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و اثرات متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته و عملکرد زیستی معنی‌دار بود ($P \leq ۰/۰۱$) (جدول ۳). در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد کود پتاسیم (۱۷۰ $kg.ha^{-1}$)، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی را به‌ترتیب به میزان ۳۷/۹ و ۸۹/۶ درصد نسبت عدم کاربرد کود افزایش داد (جدول ۴). کاهش طول ساقه در تنش آبی به دلیل کاهش رشد گیاه به خاطر بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش پتانسیل آب خاک است که کاهش اسیمیلاسیون CO_2 را به همراه دارد (Xiao *et al.*, 2008). در مطالعه تنش خشکی و واریته‌های یونجه (*Medicago sativa* L.) بر صفات مورفولوژیک، تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید که با نتایج این تحقیق بر روی ماش مطابقت دارد (Afsharmanesh, 2009). فتوسنتز مهم‌ترین فرآیندی است که منجر به افزایش زیست‌توده گیاهان می‌گردد و به‌شدت در اثر کم‌آبی کاهش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده که کم‌آبی علاوه بر کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش میزان دریافت نور، میزان کلروفیل و میزان کارایی فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (Efeoglu *et al.*, 2009) در واقع افزایش دور آبیاری از طریق ایجاد محدودیت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه و همچنین کاهش مقدار فتوسنتز باعث کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه می‌شود.

1- Crude protein
2- Acid detergent fiber
3- Neutral detergent fiber
4- Dry matter digestiblility
5- Water Soluble Carbohydrate

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش تحت تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم

Table 3- Analysis of variance for the effects of drought stress and potassium fertilizer on yield and nutritive value of Mung Bean forage

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	پروتئین خام Crude protein	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility
تکرار Replication	2	0.997^{ns}	3236.288^{ns}	418.627^{ns}	0.524^{ns}	0.032^{ns}	2.152^{ns}	4.403^{ns}	3.681^{ns}
تنش خشکی Drought stress	2	72.458**	2025574.22**	54267.437**	211.281**	92.14**	11.704**	9.975**	10.211**
خطای اصلی Main error	4	1.108	3988.759	371.151	2.173	1.819	2.036	2.237	3.619
کود پتاسیم Potassium fertilizer	3	102.38**	316266.675**	25491.882**	118.65*	37.467**	20.286**	30.006**	98.423**
تنش خشکی× پتاسیم Drought stress × Potassium	6	43.164**	765448.347**	870.771*	37.312**	12.09**	5.869**	58.922**	57.332**
خطای فرعی Sub error	18	1.021	1076.596	183.263	0.515	0.243	1.023	1.196	1.636
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.7	5.7	3.6	3. 6	5.9	6.5	6.2	2.5

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: are non significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود پتاسیم بر عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش

Table 4- Mean comparison of interaction effects drought stress and potassium fertilizer on yield and nutritive value of Mung Bean forage

تنش خشکی Drought stress	کود پتاسیم Potassium sulfate fertilize	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد زیستی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (%)	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrates (%)	پروتئین خام Crude protein (%)	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)
60 mm evaporation from evaporation pan class A	Control شاهد	23.32ef	2106ef	369.8fg	46.17ab	26.15ab	11.88e	12.05f	45.87ef
	85 $kg.ha^{-1}$	27d	2617d	418.3e	43.10bc	23.50cd	14.12d	14.25de	49.46d
	170 $kg.ha^{-1}$	32.16a	3993a	456.3cd	38.73e	19.77ef	17.57ab	21.33a	53.27bc
	225 $kg.ha^{-1}$	29bc	3710ab	495.1a	32f	18.18f	15.50cd	18.33b	59.69a
90 mm evaporation from evaporation pan class A	Control شاهد	22.83f	1860fg	358.3fg	46.27ab	26.16ab	13.87d	14.17de	42.25gh
	85 $kg.ha^{-1}$	25e	2400de	410.8e	44.13bc	24.15bc	14.53d	17.20bc	47.03e
	170 $kg.ha^{-1}$	30.03b	3840a	445.4cd	41.37d	21.59de	17.83ab	22.81a	53.11bc
	225 $kg.ha^{-1}$	28.26cd	3517b	482.5ab	33.68f	18.60f	16.28bc	21.17a	57.70a
120 mm evaporation from evaporation pan class A	Control شاهد	20g	1720g	348.6g	48.02a	27.94a	14.07d	13.10ef	41.30h
	85 $kg.ha^{-1}$	25e	2340de	382.4f	46.13ab	26.12ab	15.41cd	15.45cd	43.76fg
	170 $kg.ha^{-1}$	30b	3750ab	432.8de	42.77cd	22.93cd	18.30a	22.14a	51.35cd
	225 $kg.ha^{-1}$	28.16cd	3173c	467.5bc	34.03f	19.44ef	16.50bc	18.47b	55.04b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In each column, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

نتایج مطالعه صادقی پور و آقایی (Sadeghipour and Aghaei, 2014) نیز مؤید نتایج تحقیق حاضر بود، به طوری که افزایش تنش آبی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) باعث شد زیست‌توده گیاه ماش ۳۲٪ نسبت به شرایط عدم کمبود آب خاک کاهش یابد. در شرایط خشکی و دمای زیاد کارایی مصرف آب و رشد گیاه به‌وسیله پتاسیم بهبود می‌یابد. کمبود پتاسیم به‌طور معنی‌داری اندازه سلول، سطح برگ، انتقال مواد فتوسنتزی و سرعت رشد کل گیاه را کاهش می‌دهد، به‌طورکلی برای تحمل تنش خشکی توسط گیاهان تأمین پتاسیم کافی سلول امری حیاتی است (Demidchik *et al.*, 2010). کود پتاسیم با افزایش معنی‌دار گسترش ریشه، رشد بخش هوایی را افزایش می‌دهد و سبب افزایش ماده خشک می‌شود (Valadabadi *et al.*, 2009).

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی و تیمار کود پتاسیم در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه ماش معنی‌دار بود (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (۲۵۵ $kg.ha^{-1}$)، عملکرد دانه به میزان ۳۳/۸۸٪ نسبت عدم کاربرد کود افزایش یافت (جدول ۴). کمبود آب در طول دوره گلدهی و گرده‌افشانی به علت اثرات منفی بر اعضای زایشی در کاهش عملکرد گیاهان زراعی مؤثر است (Nesmith and Ritchie, 1992). دلایل کاهش عملکرد در این مرحله، کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها می‌باشد (Fredrick *et al.*, 1991). نتیجه تحقیق نشان داد، تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز شد (Kazemi *et al.*, 2008). پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ می‌شود (Heakal and Modaish, 1990). پتاسیم در ساخت مواد هیدروکربنی در گیاه نقش دارد و کمبود پتاسیم در گیاه با کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس گیاه همراه است. کم شدن مواد هیدروکربنی گیاه در اثر تغییرات فتوسنتز و تنفس سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Tabatabaei, 2009).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

صفات الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تحت تاثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و اثرات متقابل تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (۲۵۵ $kg.ha^{-1}$)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب به میزان ۴۴/۲۸ و ۴۳/۸۳ درصد نسبت عدم کاربرد کود کاهش یافت (جدول ۴). کاهش میزان ADF و NDF علوفه با افزایش آبیاری می‌تواند به دلیل افزایش برگ و کاهش ساقه در شرایط کافی بودن میزان رطوبت برای رشد گیاه باشد، زیرا میزان ADF و NDF در برگ کمتر از ساقه است. با افزایش تنش خشکی کیفیت علوفه ماش به دلیل افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی کاهش می‌یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه نیز همراه است (Haung and Duncan, 1997). پتاسیم فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بی‌شماری را در گیاهان تنظیم می‌کند از جمله تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین، انتقال قندهای تولید شده در اثر فتوسنتز به قسمت‌های گوناگون گیاه و ذخیره‌سازی آن‌ها و نقش افزایشی در مقاومت گیاهان به استرس‌ها دارد (Arti *et al.*, 2013). بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گیاه کوشیا از تیمار ترکیبی ۹۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی + عدم کاربرد کود پتاسیم به‌دست آمد (Karimian *et al.*, 2014).

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

تأثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر صفت فوق معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۳). در تیمار ترکیبی ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم + ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A نسبت به بدون مصرف کود، کربوهیدرات محلول در آب به میزان ۳۰/۰۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). کربوهیدرات‌های محلول که متشکل از برخی قندهای ساده‌ی محلول بوده از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و همبستگی معناداری بین کربوهیدرات‌های محلول با ماده خشک قابل‌هضم وجود داشته و جزو متغیرهای معرف افزایش کیفیت علوفه می‌باشد (Nakhjavan *et al.*, 2011). بالا بودن درصد کربوهیدرات محلول در آب نشان از کیفیت بالاتر علوفه دارد. گیاهانی که رطوبت کمتری دریافت می‌کنند، کربوهیدرات محلول در آب بالاتری دارند و در نتیجه کیفیت آن‌ها برای سیلو کردن نیز بیشتر است (Weinberg *et al.*, 2005). با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی‌اکسید کربن به دلیل کارکرد مطلوب روزنه‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین ترتیب تولید کربوهیدرات در برگ‌ها افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش وزن خشک برگ می‌شود (Kholdbarin and Islamzadeh, 2005).

پروتئین خام (CP)

پروتئین خام تحت تأثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (P≤۰/۰۱) (جدول ۳). در تیمار ترکیبی ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد کود پتاسیم

($170 kg.ha^{-1}$)، نسبت به تیمار شاهد، پروتئین خام به میزان ۶۰/۹۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در تحقیق تأثیر آبیاری تکمیلی و تقسیط نیتروژن بر کمیت و کیفیت ماش درصد پروتئین در تیمار یک و دو مرتبه آبیاری بیش از تیمارهای دیگر بود (Aghjeli *et al.*, 2018). برخی از محققین افزایش در این صفت را ناشی از کاهش ارتفاع گیاه و به دنبال آن افزایش نسبت برگ به ساقه می‌دانند، با توجه به این‌که ساقه از میزان پروتئین کمتری نسبت به برگ برخوردار است بنابراین میزان پروتئین خام افزایش می‌یابد (Valizadeh *et al.*, 2016). در هنگام پروتئین‌سازی، دخالت پتاسیم در فرآیندهایی مانند جابه‌جایی اسیدهای آمینه و اتصال tRNA به ریبوزوم دلیل افزایش پروتئین تحت تنش خشکی بیان شده است (Ruiz and Romero, 1999). پتاسیم نقش اساسی در فعال‌سازی آنزیمی، سنتز پروتئین، تنظیم اسمزی، تعادل کاتیونی- آنیونی و تحمل تنش دارد (Marschner, 2012).

قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

از نظر آماری تیمارهای تنش خشکی، کود پتاسیم و اثر متقابل آن‌ها بر قابلیت هضم ماده خشک معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد کود پتاسیم ($255 kg.ha^{-1}$)، نسبت به تیمار شاهد، قابلیت هضم ماده خشک به میزان ۳۰/۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهند بسته به شرایط محیطی و نوع گیاه، تنش خشکی می‌تواند در مواردی سبب افزایش، کاهش و یا حتی بدون تأثیر بر قابلیت هضم ماده خشک باشد. در سورگوم علوفه‌ای با کاهش رطوبت، قابلیت هضم ماده خشک افزایش پیدا کرد (Jensen *et al.*, 2007). ماده‌ی خشک قابل‌هضم علوفه تاج‌خروس تحت تنش کم‌آبیاری، کاهش یافت (Karami *et al.*, 2018). کود سولفات پتاسیم از طریق بهبود جذب و نگهداری آب (Wang *et al.*, 2013) افزایش راندمان بهره‌وری آب و تجمع مواد خشک (Zhang *et al.*, 2014)، بهبود هدایت هیدرولیکی آوند چوبی و فعالیت روزنه و تبادل گاز (Pettigrew, 2008)، حفظ جذب CO_2 (Wang *et al.*, 2013) تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش تعداد روزنه‌ها و کاهش تعرق (Abid *et al.*, 2016) و نقش در سوخت‌وساز اولیه و حمل مواد از ریشه به اندام‌های فوقانی (Zorb *et al.*, 2014)، سبب تعدیل اثرات زیان‌بار تنش خشکی می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کود پتاسیم بر تمامی صفات کمی و کیفی گیاه ماش معنی‌دار بود. با افزایش مصرف کود پتاسیم از صفر به ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی به‌ترتیب به میزان ۳۷/۹ و ۸۹/۶ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه با مصرف ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم نسبت به شاهد ۳۳/۸۸٪ افزایش یافت. تنش خشکی قابلیت هضم ماده خشک را کاهش و درصد پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی را افزایش داد. استفاده از کود پتاسیم قابلیت هضم ماده خشک را افزایش و باعث بهبود کیفیت علوفه شد. با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیب کودی ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی برای حفظ عملکرد و کیفیت علوفه ماش در منطقه سیستان و شرایط مشابه توصیه می‌گردد.

References

1. Afsharmanesh, G. 2009. Study of some morphological traits and selection of drought resistant alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in Jiroft, Iran. Plant Ecophysiology 3: 109-118.
2. Aghjeli, A. H., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A., and Gholamalipour Alamdari. E. 2018. Effect of supplemental irrigation and splitting nitrogen on quantity and quality of mung bean (*Vigna radiata* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences 11 (3): 591-602. (in Persian). DOI: 10.22077/escs.2018.849.1167
3. Anrist-Rangel, Y. 2008. Quantifying mineral source of potassium in agricultural soils. PhD Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, 105 p.
4. Arti, S., Surekha, A., and Minal, M. 2014. Potassium solublisers: occurrence, mechanism and their role as competent biofertilizers. International Journal of Current Microbiology Applied Science 3 (9): 622-629.
5. Aydin, N., Mut, Z., Mut, H., and Ayan, I. 2010. Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. Journal of Animal and Veterinary Advances 9 (10): 1539-1545. DOI: 10.3923/javaa.2010.1539.1545
6. Azizabadi, E., Golchin, A., and Delavar, M. A. 2014. Effects of Potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5 (19): 65-79. (in Persian).
7. Dadresan, M., Chaichi, M. R., Hosseini, S. M. B., Pourbabaei, A. A., and Yazdani, D. 2017. Effects of different fertilizing systems (chemical, biological and integrated) and irrigation regimes on the qualitative characteristics of forage and trigonelline content in fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.). Journal of Agroecology 7 (1): 33-49. (in Persian with English abstract).

8. Daneshian, J., Majidei, A., Noormohamaddi, G. H., and Jonobi, P. 2006. Investigation of drought effects and application of different quantities of potassium on soybeans, Ninth Congress of Agronomy and Plant Breeding (Abstracts), September 5-7, Abourihan Campus, Tehran University, 138-150 pages.
9. Demidchik, V., Cuin, T. A., Svistunenko, D., Smith, S. J., Miller, A. J., Shabala, S., Sokolik, A., and Yurin, V. 2010. Arabidopsis root K^+-efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death. Journal of Cell Science 123 (9): 1468-1479. https://doi.org/10.1242/jcs.064352
10. Efeoglu, B., Ekmekci, Y., and Cicek, N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany 75 (1): 34-42. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.06.005
11. Farahmandfar, M., Sharifi, P., and Safarzadeh Vishkaee, M. N. 2018. Effects of potassium sulphate fertilizer rates on some of qualitative and quantitative traits of forage corn (*Zea mays* L.) in different irrigation regimes. Journal of Crop Production 11 (1): 127-140. (in Persian). DOI: 10.22069/ejcp.2018.12928.2005
12. Fredrick, J. R., Wooley, J. T., Hesketh, J. D., and Peters, D. B. 1991. Seed yield and erganomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. Field Crop Research 27: 71-80. https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90023-O
13. Haung, B., and Duncan, R. R., and Carrow, R. N. 1997. Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm-Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: I. Shoot Response. Crop Science 37: 1858-1663. https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700060032x
14. Heakal, L., and Modaish, K. 1990. Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of water on growth and water use efficiency of wheat and barely. Plant and Soil 125: 177-184.
15. Izadi, Y., Modarres Sanavy, S. A. M., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2021. The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition. Applied Research in Field Crops 33 (4): 19-39. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22092/aj.2021.122218.1306
16. Jafar dokht, R., Mosavi Nik, S. M., Mehraban, A., and Basiri, M. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological cahracteristics and nutrient uptake in mung bean. Journal of Crop Production 8 (1): 121-141. (in Persian with English abstract).
17. Jahanian, A. 2012. The effect of limited irrigation and growth promoting bacteria on quantity, quality and secondary metabolites of artichoke. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.
18. Jensen, E. S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea of barley intercrops. Plant and Soil 182: 25-38.
19. Jensen, K. B., Waldron, B. L., Peel, M. D., Robins, J. G., and Monaco, T. A. 2007. Forage quality of irrigated pasture species as affected by irrigation rate. In Proceedings of the 28th Eucarpia Symposium on Improvement of Fodder Crops and Amenity Grasses, 19th–23th of August, Copenhagen, Denmark. pp. 532-535.
20. Karami, S., Hadi, H., Tajbakhsh Shishavan, M., and Modarres-Sanavy, S. A. M. 2018. Effect of different levels of nitrogen and zeolite on chlorophyll content, quantity and quality of amaranth forage under deficit irrigation stress. Journal of Agricultural Crops Production 20 (1): 67-84. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22059/jci.2018.230121.1771
21. Karimian, M. A., Galavi, M.; Dahmardeh, M., and Kafi, M. 2014. Effect of drought stress and different levels of potassium on quantitative and qualitative forage yield of Kochia (*Kochia scoparia* L.). New Findings Agriculture 8 (3): 239-250. (in Persian with English abstract).
22. Kataria, N., Rani, P., Dar, M., and Singh. H. 2014. Potassium to alleviate the adverse effect of water deficit in Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology 1 (3): 33-40.
23. Kazemi, F., Habibi, D., Fathollahzade, E., Taleghani, D., Mashhadiakbar Bujar, M., and Jalilevand, H. 2008. Effect of drought stress on yield, yield components and antioxidant enzyme activity in different cultivars of red beans. Agriculture Research 1 (1): 81-93. (in Persian with English abstract).
24. Kerstin, G., Juergen, K., Laura, F. H. D., Carl, C., and Anke, J. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of temperate grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 186: 11-22. https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.013
25. Kessel, C. V., and Hartley, S. L. 2000. Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? Field Crops Research 65 (2-3): 165-181. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00085-4
26. Kholdbarin, B., and Islamzadeh, T. 2005. Mineral nutrition plants (Translation), Vol 1. Shiraz University Publication.
27. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method: 56-97. In: Helebust, J. A., and Craig, J. S., (Eds.). Hand book of physiological method. Cambridge University Press. Cambridge.
28. Maleki, A., Fazel, S., Naseri, R., Rezaei, K., and Heydari, M. 2014. The Effect of Potassium and Zinc Sulfate Application on Grain Yield of Maize under Drought Stress Conditions. Advances in Environmental Biology 8 (4): 890-893.

29. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd Edition. Academic Press, London, UK. pp: 178-189.
30. Nakhjavan, S., Bajolvand, M., Jafari, A. A., and Sepavand, K. 2011. Variation for yield and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10 (3): 380-386.
31. Nasrollah Zadeh Asl, P., Shirkhani, A., Zehtab Salmasi S., and Chokan, R. 2016. Effect of chemical and biological fertilizers on grain yield and corn leaf characteristics in different irrigation conditions. Journal of Agricultural Practice Research 29 (4): 75-86. (in Persian with English abstract).
32. Nesmith, D. S., and Ritchie, J. T. 1992. Effect of soil water–deficits during tassel emergence on development of maize (*Zea Mays* L.). Field Crops Research 28 (3): 251-256. https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90044-A
33. Pettigrew, W. T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia Plantarum 133: 670-681. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x
34. Rezaei Sokht-Abandani, R., Siadat, S. A., Pazoki, A., Lack, S. H., and Mojddam. M. 2020. Effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizer on some physiological and agronomical traits of maize hybrid (*Zea mays* L. cv. single cross 704). Journal of Plant Ecophysiology 12 (40): 40-52. (in Persian with English abstract).
35. Ruiz, J. M., and Romero, L. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon. Scientia Horticulturae 81: 113-123. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00200-3
36. Sabzi, S., Tahmasebi, Z., and Barari, M., 2017. Study of the yield and some important traits of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes at different moisture levels. Environmental Stresses in Crop Sciences 10 (1): 21-30. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22077/escs.1396.528
37. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2014. Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. Journal of Crop Production Research 6 (1): 79-86. (in Persian with English abstract).
38. Salehi, M., Faramarzi, A., Farboodi, M., Mohebalipour, N., and Ajalli, J. 2021. Symbiosis effects of Mycorrhizal and Pseudomonas on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under moisture stressed condition. Iranian Journal of Pulses Research 12 (1): 111-126. DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84409
39. Sharifi, P., Karbalavi, N., and Aminpanah, H. 2014. Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. Journal of Crop Production 6 (4): 137-149. (in Persian with English abstract).
40. Tabatabaei, S. J. 2009. Principles of mineral nutrition of plants. First edition. Author Publications. Tabriz. 562 pp.
41. Valadabadi, S. A. R., Aliabadi Farahani, H., and Khalvati, M. A. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K_2O application and irrigation according. Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 19-24.
42. Valizdeh, R., Mahmoudi-Abyane, M., and Ganjavi, R. 2016. Chemical composition, in vitro digestibility and fermentative gas production of *Kochia scoparia* irrigated by water containing different level of salinity. Iranian Journal of Animal Science Research 8 (2): 238-247. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijasr.v8i2.27715
43. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. 1991. Methods of fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
44. Wakrim, R., Wahabi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture Ecosystem Enviroment 106: 275-287. https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.019
45. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., and Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences 14: 7370-7390. https://doi.org/10.3390/ijms14047370
46. Weinberg, Z., Landau, S., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S., and Dvash, L. 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop in Israel. Paper presented at the Proceedings of the 15th International Silage Conference. Belfast.
47. Xiao, X., Xu, X., and Yang, F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two Populus cathayana populations. Silva Fennica 42 (5): 705-719.
48. Zarifinia, N., Farzadi, H., and Khoramian, M. 2018. Effect of potassium sulfate on chlorophyll and drought toleranceindexin the Mungbean genotypes in the north of Khuzestan Province. Plant Ecophysiology 33: 68-78.
49. Zhang, L., Gao, M., Li, S., Alva, A. K., and Ashraf, M. 2014. Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected *Zea mays* cultivars. Turkish Journal of Botany 38 (4): 713-723.
50. Zorb, C., Senbayram, M., and Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture- Status and perspectives. Journal of Plant Physiology 171 (9): 656-669. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008